



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY  
DENMARK

## Måling af utæthed i facadeelement

Jensen, Rasmus Lund; Nørgaard, Jesper

*Publication date:*  
2012

*Document Version*  
Accepteret manuscript, peer-review version

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*

Jensen, R. L., & Nørgaard, J. (2012). *Måling af utæthed i facadeelement*. Department of Civil Engineering, Aalborg University. DCE Contract Reports Nr. 103

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Måling af utæthed i facadeelement

Rasmus L. Jensen  
Jesper Nørgaard



Udarbejdet for:

Inwido Denmark A/S

**INWIDO**  
*Great Windows & Doors*

DCE Contract Report No. 103

**AALBORG UNIVERSITET**  
Institut for Byggeri og Anlæg



Aalborg Universitet  
Institut for Byggeri og Anlæg  
Indeklima & Energi

**DCE Contract Report No. 103**

# **Måling af utæthed i facadeelement**

Rasmus L. Jensen  
Jesper Nørgaard

Den 20. juli 2012

© Aalborg Universitet

## Videnskabelige publikationer ved Institut for Byggeri og Anlæg

**Technical Reports** anvendes til endelig afrapportering af forskningsresultater og videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg på Aalborg Universitet. Serien giver mulighed for at fremlægge teori, forsøgsbeskrivelser og resultater i fuldstændig og uforkortet form, hvilket ofte ikke tillades i videnskabelige tidsskrifter.

**Technical Memoranda** udarbejdes til præliminær udgivelse af videnskabeligt arbejde udført af ansatte ved Institut for Byggeri og Anlæg, hvor det skønnes passende. Dokumenter af denne type kan være ufuldstændige, midlertidige versioner eller dele af et større arbejde. Dette skal holdes i mente, når publikationer i serien refereres.

**Contract Reports** benyttes til afrapportering af rekvireret videnskabeligt arbejde. Denne type publikationer rummer fortroligt materiale, som kun vil være tilgængeligt for rekvirenten og Institut for Byggeri og Anlæg. Derfor vil Contract Reports sædvanligvis ikke blive udgivet offentligt.

**Lecture Notes** indeholder undervisningsmateriale udarbejdet af undervisere ansat ved Institut for Byggeri og Anlæg. Dette kan være kursusnoter, lærebøger, opgavekompendier, forsøgsmanualer eller vejledninger til computerprogrammer udviklet ved Institut for Byggeri og Anlæg.

**Theses** er monografier eller artikelsamlinger publiceret til afrapportering af videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg som led i opnåelsen af en ph.d.- eller doktorgrad. Afhandlingerne er offentligt tilgængelige efter succesfuldt forsvar af den akademiske grad.

**Latest News** rummer nyheder om det videnskabelige arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg med henblik på at skabe dialog, information og kontakt om igangværende forskning. Dette inkluderer status af forskningsprojekter, udvikling i laboratorier, information om samarbejde og nyeste forskningsresultater.

Udgivet 2012 af  
Aalborg Universitet  
Institut for Byggeri og Anlæg  
Sohngårdsholmsvej 57,  
DK-9000 Aalborg, Danmark

Trykt i Aalborg på Aalborg Universitet

## Indledning

På laboratoriet for Indeklima og Energi, Institut for Byggeri og Anlæg, Aalborg Universitet udførtes den 21. december 2011 målinger af utæthed i et facadeelement fra Inwido Denmark A/S. Målingerne omfattede bestemmelse af sammenhørende værdier for trykforskel og volumenstrøm for elementet med henblik på optegnelse af kurver for forskellige cases samt udregning af utæthed.

Facadeelementet består af en skodde, der kan trækkes for et vindue om natten for at øge dets isolerende egenskaber. Skodden har et areal på  $5,1 \text{ m}^2$ . På *Figur 1* ses et billede af skodden, der er trukket for vinduet. For at få optimalt udbytte af det ekstra isoleringslag, er det af afgørende betydning, at utætheden/lækagen fra hulrummet mellem vindue og skodden minimeres.



*Figur 1. Facadeelementets skodde trukket for vinduet.*



## Beskrivelse af måleopstilling

På *Figur 2* ses et billede af forsøgsopstillingen. Henover vinduets to oplukkelige moduler i top og bund er der monteret trykudligningskasser. Bagved er vinduerne lukket op, så luft kan blæses ind i eller suges ud af hulrummet mellem vindue og skodde og derved skabe tryk eller sug på skodden. I hulrummet er anbragt en slange til måling af trykforskellen mellem hulrummet og det fri i laboratoriet. Differenstrykket måles med et FCO 510 micromanometer, hvis måleusikkerhed er mindre end 0,1 % af aflæsningen – en forsvindende lille måleusikkerhed for denne opgave.



*Figur 2. Forsøgsopstilling.*

Til lufttransport benyttes en ventilator reguleret af en frekvensomformer. Mellem ventilatoren og indblæsningen er anbragt en måleblænde til måling af luftstrømmen samt en røggenerator i en kasse, så utætheder kan visualiseres. Trykfaldet over måleblænden måles ved hjælp af et Debro

mikromanometer, der har en usikkerhed på  $\pm 0,07$  mmVS. Den samlede usikkerhed på luftstrømmen vurderes til  $\pm 3$  % af målingen.

Ventilator, trykudligningskasser, røgkasse samt rør er tætnet med silikone eller tape. Før målingerne er anlægget trykprøvet og fundet tæt. Prøveopstillingen følger forslag til European Standard DS/EN 13141-5 bortset fra, at måleblænden ved forsøg med sug, befinder sig på ventilatorens sugeside. Dette giver dog erfaringsvis en bedre måling og dermed ikke anledning til ekstra usikkerhed.

På de følgende sider anføres måleresultater og grafer for forsøgene. Først en side med de samlede resultater og dernæst en side med resultater for hver af de fire cases, der blev kørt. De havde til formål at undersøge, hvor stor forbedring der kunne opnås ved at tape skoddens skydebare ramme til den faste ramme med gaffatape og dermed udpege de vigtige elementer at forbedre.

De fire omtalte cases, der blev kørt, er:

1. Skodden/rammen som den er – uden tape
2. Tape på siderne af rammen
3. Tape på siderne og toppen af rammen
4. Tape på hele rammen

Aalborg Universitet den 20. juli 2012



Rasmus Lund Jensen

Leder af Laboratoriet for Indeklima og Energi, Institut for Byggeri og Anlæg  
Lektor, Civilingeniør, Ph.d.

&

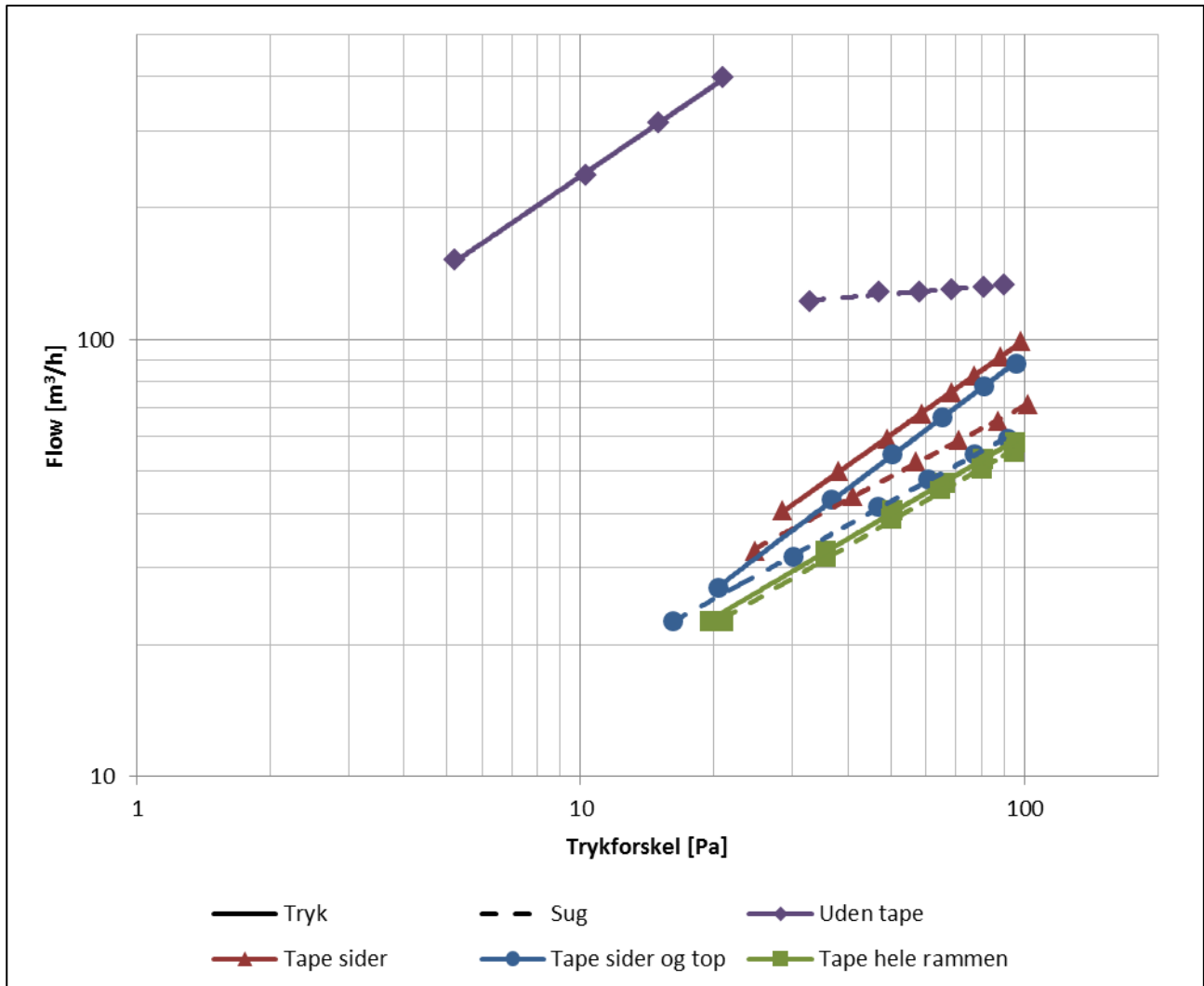
Jesper Nørgaard

Videnskabelig Assistent, Civilingeniør



## Samlede måleresultater

Figur 3 viser måleresultaterne som kurver for de fire cases. Her er det tydeligt, at utætheden mindskes i takt med forbedringerne. Derudover ses det, sug giver anledning til en mindre utæthed end tryk, da undertrykket tvinger skoddens tættere på den faste ramme. Modsat er utætheden ved tryk stor for casen uden tape, da skoddens ramme simpelthen bøjer ud grundet overtrykket.



Figur 3. Flow (utæthed) som funktion af trykforskellen for de fire cases.

I henhold til European Standard DS/EN 13829 udregnes utætheder i byggeri ved 50 Pa. Måleresultaterne benyttes derfor til at danne en regressionslinje og flowet ved 50 Pa,  $V_{50}$  findes. Dette omregnes til l/s m<sup>2</sup> og benævnes  $q_{50}$ . Slutteligt omregnes det til en utæthed under aktuelle forhold ved formlen  $0,06 \cdot q_{50}$ . I Tabel 1 er utæthederne for de fire cases samlet og her ses den samme tendens som på Figur 3.

	Utæthed [l/s m <sup>2</sup> ]			
	Uden tape	Tape sider	Tape sider og top	Tape hele rammen
Tryk	2,35	0,20	0,18	0,13
Sug	0,42	0,16	0,14	0,13

Tabel 1. Utæthed af facadeelementet for de fire cases.

## Case 1 – Uden tape



## Nøgletal tryk:

$V_{50}$  [m<sup>3</sup>/h]: 719,6  
 $q_{50}$  [l/s m<sup>2</sup>]: 39,2

Utæthed [l/s m<sup>2</sup>]: 2,35

## Nøgletal sug:

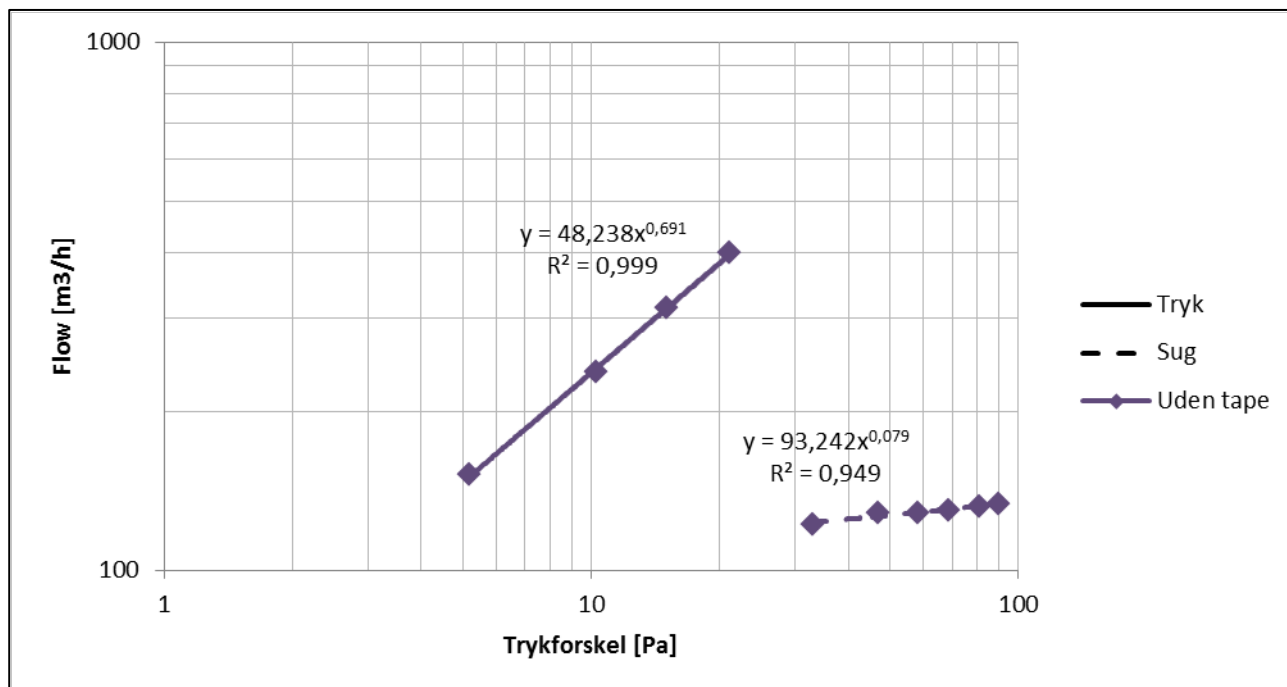
$V_{50}$  [m<sup>3</sup>/h]: 127,1  
 $q_{50}$  [l/s m<sup>2</sup>]: 6,9

Utæthed [l/s m<sup>2</sup>]: 0,42

## Måleresultater:

Tryk	Trykforskel [Pa]	21	15	10,3	5,2				
	Flow [m <sup>3</sup> /h]	399	313	237	152				
Sug	Trykforskel [Pa]	90	81	68,8	58	47	33		
	Flow [m <sup>3</sup> /h]	133	132	130	128	128	122		

## Plottet som kurver:



## Case 2 – Tape sider



## Nøgletal tryk:

$V_{50}$  [m<sup>3</sup>/h]: 60,5  
 $q_{50}$  [l/s m<sup>2</sup>]: 3,3

Utæthed [l/s m<sup>2</sup>]: 0,20

## Nøgletal sug:

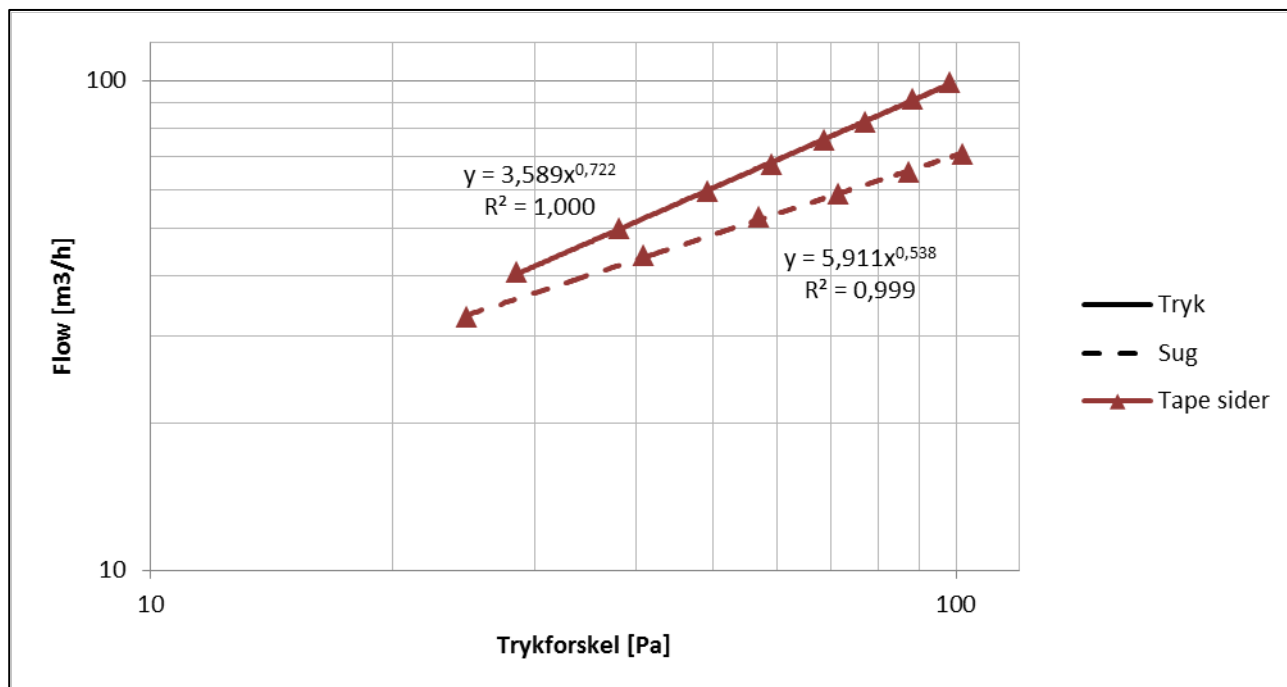
$V_{50}$  [m<sup>3</sup>/h]: 48,5  
 $q_{50}$  [l/s m<sup>2</sup>]: 2,6

Utæthed [l/s m<sup>2</sup>]: 0,16

## Måleresultater:

Tryk	Trykforskel [Pa]	98,3	88,5	77,2	68,7	59	49,2	38,2	28,5
	Flow [m <sup>3</sup> /h]	99	92	83	76	68	59	50	41
Sug	Trykforskel [Pa]	102	87,3	71,4	57	41	24,7		
	Flow [m <sup>3</sup> /h]	71	65	59	53	44	33		

## Plottet som kurver:



## Case 3 – Tape sider og top



## Nøgletal tryk:

$V_{50}$  [m<sup>3</sup>/h]: 54,0  
 $q_{50}$  [l/s m<sup>2</sup>]: 2,9

Utæthed [l/s m<sup>2</sup>]: 0,18

## Nøgletal sug:

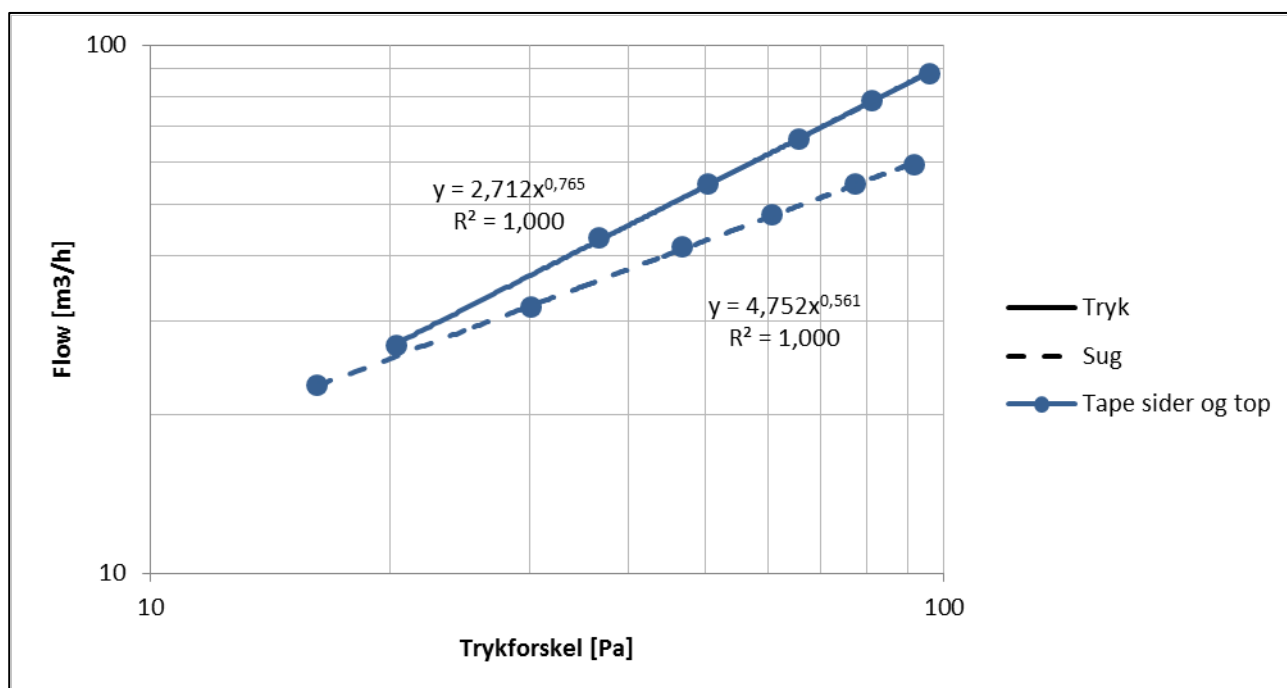
$V_{50}$  [m<sup>3</sup>/h]: 42,6  
 $q_{50}$  [l/s m<sup>2</sup>]: 2,3

Utæthed [l/s m<sup>2</sup>]: 0,14

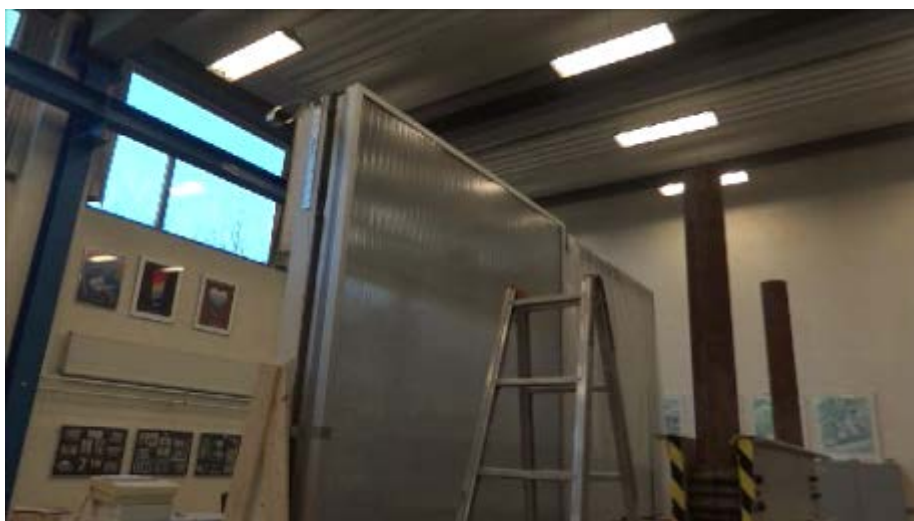
## Måleresultater:

Tryk	Trykforskel [Pa]	96	81,1	65,6	50,4	36,7	20,4		
	Flow [m <sup>3</sup> /h]	88	78	67	55	43	27		
Sug	Trykforskel [Pa]	91,8	77,4	60,8	46,7	30,2	16,2		
	Flow [m <sup>3</sup> /h]	59	55	48	41	32	23		

## Plottet som kurver:



## Case 4 – Tape hele rammen



## Nøgletal tryk:

$V_{50}$  [m<sup>3</sup>/h]: 40,0  
 $q_{50}$  [l/s m<sup>2</sup>]: 2,2

Utæthed [l/s m<sup>2</sup>]: 0,13

## Nøgletal sug:

$V_{50}$  [m<sup>3</sup>/h]: 38,4  
 $q_{50}$  [l/s m<sup>2</sup>]: 2,1

Utæthed [l/s m<sup>2</sup>]: 0,13

## Måleresultater:

Tryk	Trykforskel [Pa]	95,4	80,6	66,1	50,3	35,7	19,6		
	Flow [m <sup>3</sup> /h]	58	53	47	41	33	23		
Sug	Trykforskel [Pa]	95	80,3	64,5	50,2	35,7	21		
	Flow [m <sup>3</sup> /h]	55	51	45	39	32	23		

## Plottet som kurver:

